

(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 076 157 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
14.02.2001 Patentblatt 2001/07

(51) Int Cl.7: F01D 5/20, F01D 11/12

(21) Anmeldenummer: 00810658.5

(22) Anmeldetag: 24.07.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

- Nazmy, Mohamed, Dr.  
5442 Fislisbach (CH)
- Oehl, Markus, Dr.  
79761 Waldshut-Tiengen (DE)
- Töennes, Christoph, Dr.  
5200 Brugg (CH)

(30) Priorität: 09.08.1999 DE 19937577

(74) Vertreter: Pöpper, Evamaria, Dr. et al  
ALSTOM Power (Schweiz) AG  
Intellectual Property chsp  
Haselstrasse 16/699, 5. Stock  
5401 Baden (CH)

(71) Anmelder: ALSTOM POWER (Schweiz) AG  
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:  
• Beeck, Alexander, Dr.  
79790 Küssaberg (DE)

## (54) Reibungskomponente einer thermischen Turbomaschine

(57) Die Erfindung bezieht sich auf die Ausstattung einer Turbinenschaufel (1) einer Gasturbine mit einem intermetallischen Filz (2). Durch die Besetzung der Spitze (11) der Turbinenschaufel (1) mit dem intermetallischen Filz (2) und einem Überzug mit einem keramischen Material (3) kann ein verbesserter Schutz gegen

thermische und mechanische Einwirkungen und eine verbesserte Oxidationsbeständigkeit erreicht werden. Es ist auch eine Anordnung des intermetallischen Filzes (2) an dem der Turbinenschaufel (1) gegenüberliegenden Rotor (4, 4a) bzw. Stator (4, 4b) oder auf der Plattform (12) der Turbinenschaufel (1) denkbar.

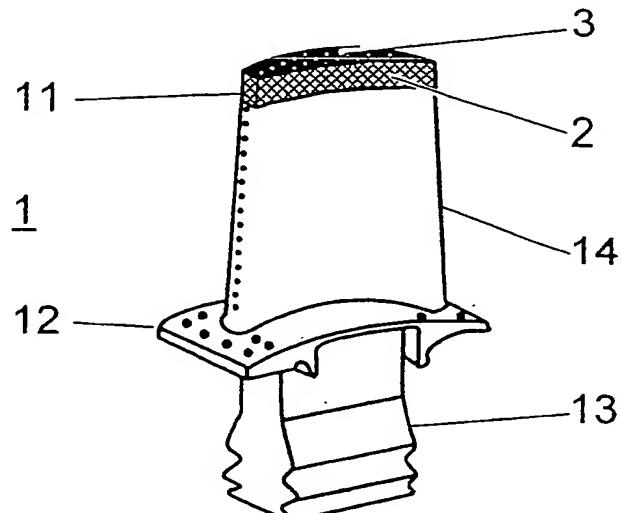


Fig. 1

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

- 5 [0001] Bei der Erfindung handelt es sich um eine reibungsbehaftete Komponente einer thermischen Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### STAND DER TECHNIK

- 10 [0002] Die Leit- und Laufschaufeln von Gasturbinen sind starken Belastungen ausgesetzt. Um die Leckageverluste der Gasturbine klein zu halten wird beispielsweise das Laufrad der Gasturbine mit einem sehr kleinen Spiel zum Stator eingepasst, so dass es zum Anstreifen kommt. An dem Stator der Gasturbine ist eine Honigwabenstruktur angebracht. Die Honigwabenstruktur besteht aus einer warmfesten Metalllegierung. Eine weitere Bauart sind glatte, beschichtete oder unbeschichtete Wärmestausegmente (WSS), welche der rotierenden Schaufel am Außenradius radial gegenüberstehen. Die Schaufel spitze reibt dann gegen diese Wärmestausegmente. Um zu verhindern, dass die Schaufel spitze selbst abgerieben wird, kann sie beschichtet sein, um dann in einem grösseren Masse die Wärmestausegmente abzureiben. Nachteilig ist aber bei dieser Ausführungsform, dass die Beschichtung nur eine begrenzte Haftbarkeit an der Turbinenschaufel hat. Zudem ist nachteilig, dass Kühlluftbohrungen, mit welchen entweder das Wärmestausegment und/oder die Schaufel versehen sein können, beim Reiben verstopft werden.

- 15 [0003] Aus den Schriften DE-C2 32 35 230, EP-132 667 oder DE-C2-32 03 869 ist es bekannt, Metallfilze an verschiedenen Stellen von Gasturbinenkomponenten einzusetzen, so z.B. an der Spitze einer Turbinenschaufel (DE-C2-32 03 869), zwischen einem Metallkern oder einer keramischen Außenhaut (DE-C2 32 35 230) oder als Mantel der Turbinenschaufel (EP-B1-132 667). Diese Ausführungen haben aber den Nachteil, dass der eingesetzte Metallfilz eine ungenügende Oxidationsbeständigkeit aufweist. Die Erhöhungen der Heissgastemperaturen, beispielsweise in heutigen Gasturbinen, führen dazu, dass die eingesetzten Materialien immer höheren Anforderungen genügen müssen. Die Metallfilze in den erwähnten Schriften erfüllen aber die Anforderung an heutige Massstäbe nicht mehr, insbesondere in bezug auf eine notwendiges Mass an Oxidationsbeständigkeit.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

- 30 [0004] Ziel der Erfindung ist es, diese Nachteile zu überwinden. Die Erfindung löst die Aufgabe, eine Komponente einer thermischen Turbomaschine zu schaffen, welche eine ausreichende mechanische Festigkeit und eine stetige Kühlwirkung an reibungsbehafteten Stellen aufweist. Dabei soll auch eine ausreichende Oxidationsbeständigkeit gewährleistet sein. Zudem sollen die Kosten gesenkt werden.

- 35 [0005] Erfindungsgemäss wird das Ziel bei einer reibungsbehafteten Komponente einer thermischen Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch erreicht, dass die Komponente an reibungsbehafteten Stellen mit einem intermetallischen Filz ausgestattet ist. Es kann sich dabei um die Spitze einer Turbinenschaufel, um die der Turbinenschaufel gegenüberliegend angeordneten Wärmestausegmente oder um die Plattform der Turbinenschaufel handeln.

- 40 [0006] Durch eine entsprechende Wahl der Zusammensetzung des intermetallischen Filzes besitzt er eine ausreichende Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Verformbarkeit. Ein weiterer Vorteil entsteht, wenn der intermetallische Filz mit einem keramischen Material überzogen ist, da auf der rauen Oberfläche des intermetallischen Filzes eine sehr gute Haftbarkeit des keramischen Materials erzielt wird. Dadurch erhält beispielsweise die Spitze der Leit- oder Laufschaufel einen guten Schutz gegen thermische und gegen durch Reibung bedingte mechanische Einwirkungen. Ein weiterer Vorteil entsteht dadurch, dass Kühlluftbohrungen durch den Abrieb während des Betriebes nicht verstopfen, da es sich um ein poröses Material handelt.

- 45 [0007] Die weiteren Ausgestaltungsmöglichkeiten sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- 50 [0008] Die Erfindung wird an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert, in denen

Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel mit einem intermetallischen Filz an der Spitze zeigt,

55 Fig. 2 eine Ausführungsform einer Gasturbine mit Wärmestausegmenten, welche der Leit- bzw. Laufschaufel gegenüberliegend angeordnet sind und aus einem intermetallischen Filz bestehen, darstellt,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel, wobei der intermetallische Filz auf der Plattform der Turbinenschaufel angeordnet ist, darstellt,

- Fig. 4** eine Variante der zweiten Ausführungsform des Details IV der Figur 3, wobei der intermetallische Filz zwischen den Turbinenschaufeln auf den Plattformen der Turbinenschaufeln auf einer tragenden Grundstruktur angeordnet ist, darstellt,
- Fig. 5** ein erfindungsgemässes Wärmestausegment mit einer tragenden Grundstruktur gemäss dem Ausschnitt V in der Figur 2 zeigt,
- Fig. 6** einen Schnitt durch das Wärmestausegment gemäss der Linie VI-VI in der Figur 5 darstellt und
- Fig. 7** eine Darstellung des Oxidationsverhaltens eines intermetallischen Filzes mit einer herkömmlichen Vergleichslegierung zeigt.

[0009] Es sind nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente sind in unterschiedlichen Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

#### WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0010] In der Figur 1 ist eine Turbinenschaufel 1 mit einer Spitze 11, einem Schaufelblatt 14, einer Plattform 12 und einem Schaufelfuss 13 dargestellt. Es kann sich dabei beispielsweise um eine Leit- oder eine Laufschaufel einer Gasturbine oder eines Verdichters handeln. Erfindungsgemäss ist an der Spitze 11 dieser Turbinenschaufel 1 ein intermetallischer Filz 2 angeordnet. Der intermetallische Filz 2 kann auf der Basis von einem Fe-Aluminid, Ni-Aluminid oder Co-Aluminid hergestellt werden. Um eine ausreichende Festigkeit, Oxidationbeständigkeit und Verformbarkeit zu erreichen sind die Elemente Ta, Cr, Y, B und Zr zugegeben. In der Tabelle 1 ist eine mögliche Zusammensetzung beispielweise für ein Fe-Aluminid und ein Ni-Aluminid angegeben. Materialien mit gleichen Eigenschaften sind aber ebenso gut verwendbar.

Tab. 1

Zusammensetzung von intermetallischen Filzen (angegeben für Fe-Aluminide oder Ni-Aluminide)									
Eisen-Aluminide (Angaben in Gew.-%)									
Fe	Al	Cr	Ta oder W oder Mo	Hf	Y	B	C	Zr	
Rest	5-20%	15-25%	0-7%	0-0.5%	0-0.5%	0-0.2%	0-0.1%	0-0.2%	
Nickel-Aluminide (Angaben in Gew.-%)									
Ni	Al	Cr	Ta	Y	Hf	Zr	B	Fe	
Rest	20-30%	0-15%	0-10%	0-0.5%	0-1%	0-0.2%	0-0.2%	0-4%	

[0011] Metallische Hochtemperaturfasern sind auch in dem VDI-Bericht 1151, 1995 (*Metallische Hochtemperaturfasern durch Schmelzextraktion - Herstellung, Eigenschaften, Anwendungen*) beschrieben.

[0012] Der Vorteil der intermetallischen Filze 2 ist die deutlich verbesserte Oxidationsbeständigkeit. Aus der Figur 7 ist die Oxidation verschiedener intermetallischer Filze 2 im Vergleich mit der kommerziellen Nickelbasislegierung Hastelloy X ersichtlich. Die Tabelle 2 gibt die Zusammensetzung der Versuchslegierungen wieder.

Tab. 2

Zusammensetzung von Versuchslegierungen (Angaben in Gew.-%) .													
Bz.	Ni	Cr	Co	Mo	W	Al	Ta	Fe	Mn	B	Zr	Y	Hf
Hastelloy X	47	22	1.5	9	0.6	--	--	18.5	0.5	--	--	--	--
IM12	62.65	10	--	--	--	24	--	3	--	0.05	0.1	0.1	0.1
IM13	44.65	10	--	--	--	15	--	30	--	0.05	0.1	0.1	0.1
IM14	64.8	22	--	--	--	10	--	3	--	--	--	0.2	--
IM15	60	9	--	--	--	27	2	1.6	--	--	0.2	0.2	--

[0013] Die Figur 7 zeigt die Gewichtszunahme der in Tabelle 2 angegebenen in [mg/cm<sup>2</sup>] über eine Zeit von 12 Stunden bei einer Temperatur von 1200° C. Die Gewichtszunahme ist stellvertretend für die Oxidation der Materialien aufgetragen. Aus der Figur 7 wird ersichtlich, dass die Vergleichslegierung Hastelloy X schon nach einer kurzen Zeit von ca. 100 min. bis ca. 300 min. eine doppelte Gewichtszunahme aufweist. Mit fortschreitender Zeit steigt die Ge-

wichtszunahme der Hastelloy X kontinuierlich weiter, während sich die intermetallischen Filze IM12-15 auf einen konstanten Wert zwischen 0.6 - 0.8 mg/cm<sup>2</sup> einstellen. Es wird deutlich, dass die Oxidationbeständigkeit bei den intermetallischen Filzen wesentlich verbessert ist. Für die erfindungsgemäße Verwendung des intermetallischen Filzes an reibungsbehafteten Stellen einer thermischen Turbomaschine ist die Oxidationsbeständigkeit einer der wichtigsten Faktor für die Lebensdauer der ganzen Komponente.

[0014] Um die Festigkeit dieser Turbinenschaufel 1 der Figur 1 an der Spitze 11 noch zu erhöhen, kann der intermetallische Filz 2 mit einem keramischen Material 3 überzogen werden, beispielsweise mit einem TBC (Thermal Barrier Coating). Es handelt sich bei TBC um ein mit Y stabilisiertes Zr-Oxid. Gleichwertige Materialien sind aber ebenso denkbar. Das keramische Material 3 kann auf den intermetallischen Filz 2 aufgespritzt werden, es hat durch die unebene Oberfläche des intermetallischen Filzes 2 einen sehr guten Halt auf ihm und eine gute Oxidationsbeständigkeit. Das keramische Material 3 ist ein guter Schutz gegen thermische und mechanische, beispielsweise reibungsbedingte Einwirkungen. Vorteilhaft können Kühlluftbohrungen, welche in der Turbinenschaufel 1 oder am Rotor/Stator 4 vorhanden sein können, nicht verstopfen, da es sich bei dem intermetallischen Filz 2 um ein poröses Material handelt.

[0015] In der Figur 2 ist eine weitere Ausführungsform dargestellt. Die Figur 2 zeigt schematische eine Darstellung einer Gasturbine mit einem Rotor 4a, einem Stator 4b. An dem Rotor 4a sind Laufschaufeln 6, an dem Stator 7 sind Leitschaufeln 7 befestigt. Am Rotor 4a bzw. am Stator 4b sind üblicherweise dem Leit-/Laufschaufeln 6,7 gegenüberliegend Wärmestausegmente 8 angeordnet. Erfindungsgemäß können diese Wärmestausegmente 8 ebenfalls ganz oder teilweise aus einem intermetallischen Filz bestehen. Durch die porösen Eigenschaften ist eine verbesserte Kühlung an dieser Stelle auch dann möglich, wenn es zu einem Abrieb gekommen ist, da die poröse Struktur des intermetallischen Filzes ein Verstopfen verhindert. Der Abrieb kann wie bereits beschrieben durch eine Schicht aus TBC verringert werden. Das Bauteil kann auch unter der TBC Schicht gekühlt sein, da das Kühlmedium seitlich durch den porösen Filz entweichen kann.

[0016] Die Figur 5 zeigt ein erfindungsgemässes Wärmestausegment 8 gemäss dem Ausschnitt V in der Figur 2. Der intermetallische Filz 2 wurde an einer tragenden Grundstruktur 5 angebracht. Die tragenden Grundstruktur 5 weist Befestigungsmittel 9 auf, welche zur Befestigung am in der Figur 5 nicht dargestellten Rotor 4a bzw. Stator 4b dienen. Die seitlichen Befestigungsmittel 9 sind durch Streben 10 miteinander verbunden. Zwischen den Streben 10 ist auf der Seite, welche den Turbinenschaufeln zugewandt ist, der intermetallische Filz 2 eingesetzt und mit ihm mechanisch verbunden. Dies kann beispielsweise durch Löten, Schweißen oder durch Eingießen geschehen. Aus Haltbarkeitsgründen sollte der Filz stoffschlüssig an der tragenden Grundstruktur 5 befestigt sein.

[0017] Die Figur 6 zeigt den Schnitt VI-VI der Figur 5. Dort ist ersichtlich, dass die die beiden Befestigungsmittel 9 verbindenden Streben 10 den intermetallischen Filz 2 nicht durchdringen, sondern der intermetallische Filz 2 lediglich an ihnen befestigt ist. Wie aus der Figur 6 ersichtlich ist, kann, um die Temperaturbeständigkeit des Wärmestausegments 8 noch zu erhöhen, der intermetallische Filz 2 wiederum mit einem keramischen Material 3 überzogen werden, beispielsweise mit einem TBC (Thermal Barrier Coating). Gleichwertige Materialien sind aber ebenso denkbar. Wie bei der Turbinenschaufel 1 der Figur 1 bleibt eine Kühlwirkung auch bei einem Abrieb erhalten, da es zu keinem Verstopfen des intermetallischen Filzes 2 kommt.

[0018] Zu verbesserten Kühlzwecken ist der intermetallische Filz im Ausführungsbeispiel in der Figur 3 auf der Plattform 12 der Turbinenschaufel 1 der thermischen Turbomaschine angebracht. Auch hier macht es Sinn, wie bereits bei den Figur 1,2,5 und 6 beschrieben, den Filz 2 mit einem keramischen Material 3 zu überziehen. Das hat den Vorteil, dass das TBC besonders gut auf dem intermetallischen Filz haftet und der Filz oxidationsbeständig ist. Es wird keine zusätzliche Bindeschicht (z.B. MCrAlY) benötigt. In der Figur 3 ist dies neben der rechten Turbinenschaufel 1 dargestellt. Das TBC dient auch als Schutz gegen Abnutzung.

[0019] Figur 4 zeigt eine zweite Variante des Ausführungsbeispiels des Details IV aus Figur 3. Zwischen zwei Turbinenschaufeln 1 - auf der Plattform 12 der Turbinenschaufel 1 - ist der intermetallische Filz 2 auf einer tragenden Grundstruktur 5, bestehend aus einem Gussteil oder einem anderen Metall, befestigt. Die tragende Grundstruktur 5 kann auch aus verschiedenen Kammern bestehen, um eine optimale Luftzufuhr zum intermetallischen Filz 2 zu gewährleisten.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

[0020]

- 1 Turbinenschaufel
- 2 Intermetallischer Filz
- 3 Keramischer Überzug
- 4 Rotor bzw. Stator
- 4a Rotor
- 4b Stator

- 5 Tragende Grundstruktur
- 6 Laufschaufel
- 7 Leitschaufel
- 8 Wärmestausegment
- 5 9 Befestigungsmittel
- 10 Streben
- 11 Spitze der Turbinenschaufel 1
- 12 Plattform
- 13 Schaufelfuss der Turbinenschaufel 1
- 10 14 Schaufelblatt der Turbinenschaufel 1

**Patentansprüche**

- 15 1. Reibungsbehaftete Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine, welche an einem Rotor (4,4a) oder Stator (4,4b) der thermischen Turbomaschine angeordnet ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Komponente (1, 8) an reibungsbehafteten Stellen mit einem intermetallischen Filz (2) ausgestattet ist.
- 20 2. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der intermetallische Filz (2) mit Kühlluft durchströmt ist.
- 25 3. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Komponente (1, 8) eine Turbinenschaufel (1) ist und die Spitze (11) der Turbinenschaufel (1) mit einem intermetallischen Filz (2) ausgestattet ist.
- 30 4. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Komponente (1, 8) eine Turbinenschaufel (1) ist und die Plattform (12) der Turbinenschaufel (1) mit einem intermetallischen Filz (2) ausgestattet ist.
- 35 5. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Komponente (1, 8) ein Wärmestausegment (8) ist und das Wärmestausegment (8) ganz oder teilweise aus einem intermetallischen Filz (2) besteht.
- 40 6. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach einem der Ansprüche 4 oder 5  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der intermetallische Filz (2) auf einer tragenden Grundstruktur (5) befestigt ist.
- 45 7. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die tragende Grundstruktur (5) aus Befestigungsmitteln (9) zur Befestigung am Rotor (4, 4a) oder Stator (4, 4b)  
und aus sich zwischen den Befestigungsmitteln (9) befindenden Streben (10) besteht, und der intermetallische  
Filz (2) des Wärmestausegments (8) mechanisch zwischen den Befestigungsmitteln (9) an den Streben (10) be-  
festigt ist.
- 50 8. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das der intermetallische Filz (2) durch Löten, Schweißen oder durch Eingießen an der tragenden Grundstruktur  
(5) mechanisch und/oder stoffschlüssig befestigt ist.
- 55 9. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der intermetallische Filz (2) mit einem keramischen Material (3) überzogen ist.

**EP 1 076 157 A2**

10. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der intermetallische Filz (2) aus einem Fe-Aluminid mit folgender Zusammensetzung (Gew.-%): 5-20% Al, 15-25%  
Cr, 0-7% Ta od. W od. Mo, 0-0.5% Hf, 0-0.5% Y, 0-0.2% B, 0-0.1 % C, 0-0.2% Zr, Rest Fe und unvermeidbare  
Verunreinigungen besteht.
11. Komponente (1, 8) einer thermischen Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der intermetallische Filz (5) aus einem Ni-Aluminid mit folgender Zusammensetzung (Gew.-%): 20-30% Al, 0-15%  
Cr, 0-10% Ta, 0-0.5% Y, 0-1% Hf, 0-0.2% Zr, 0-0.2% B, 0-4% Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen  
besteht.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

(\*)

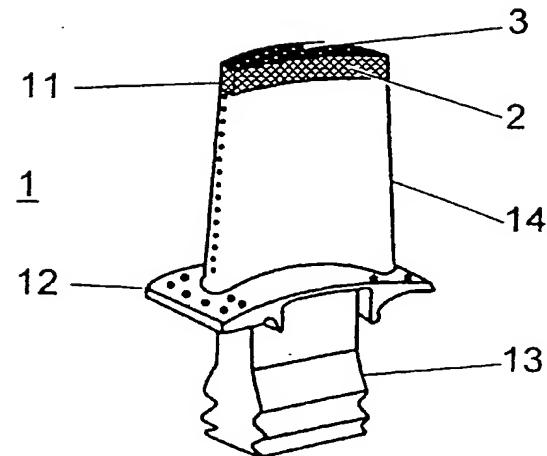


Fig. 1

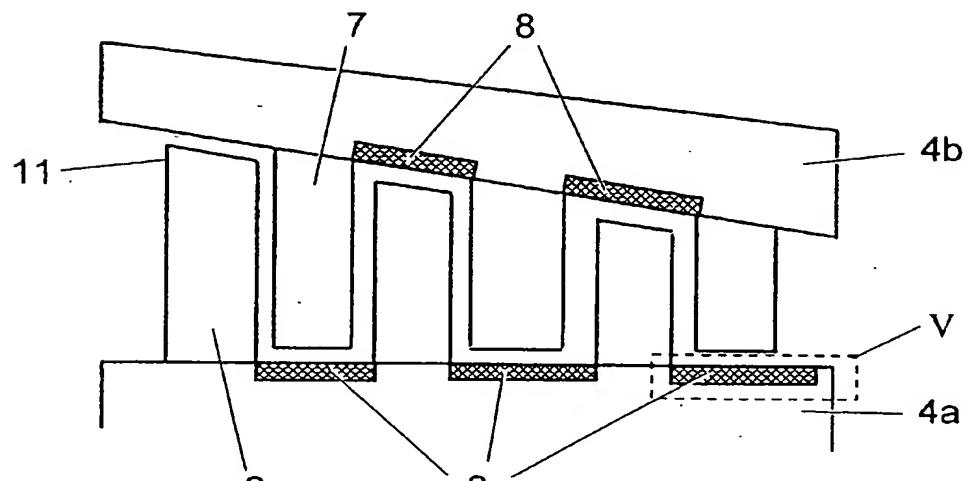


Fig. 2

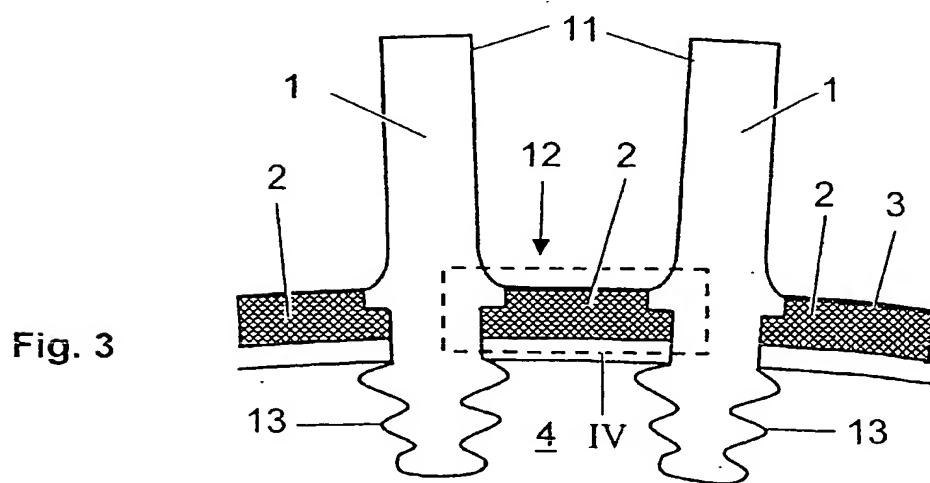


Fig. 3

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 4

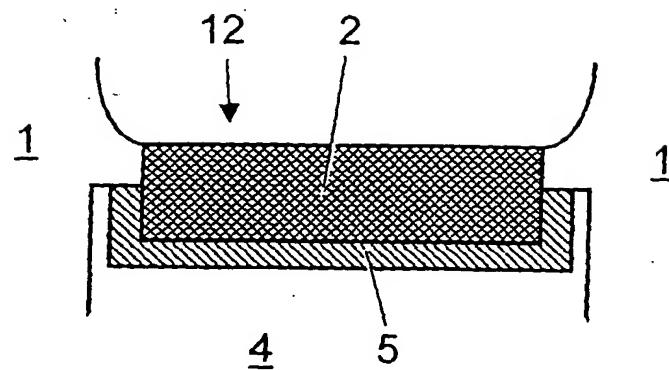


Fig. 5

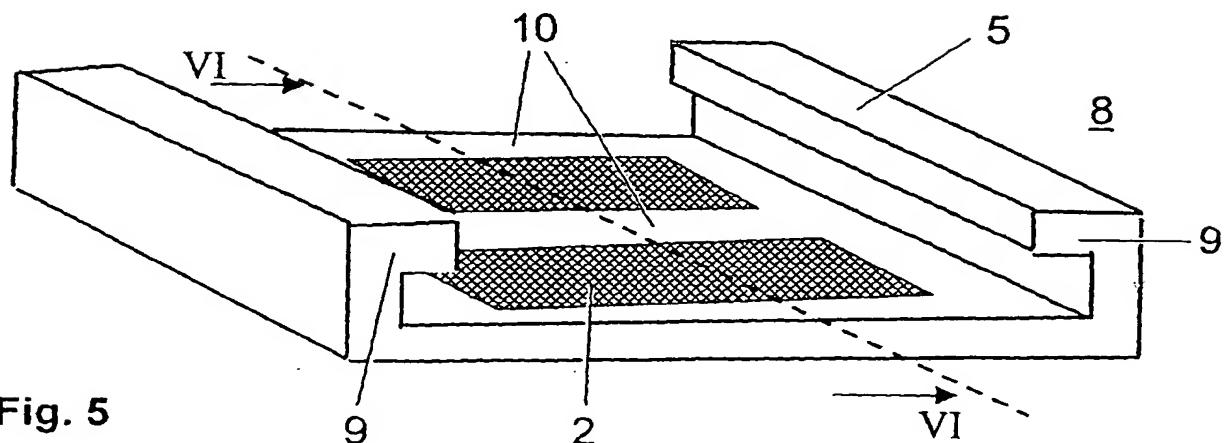
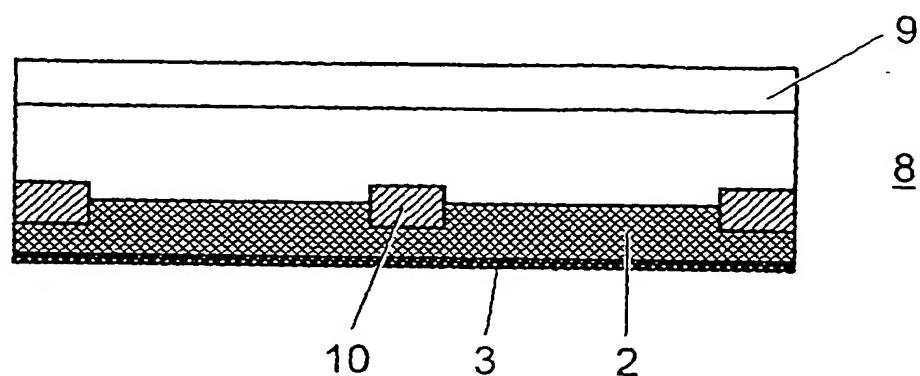


Fig. 6



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TGA, 1200°C, 12h

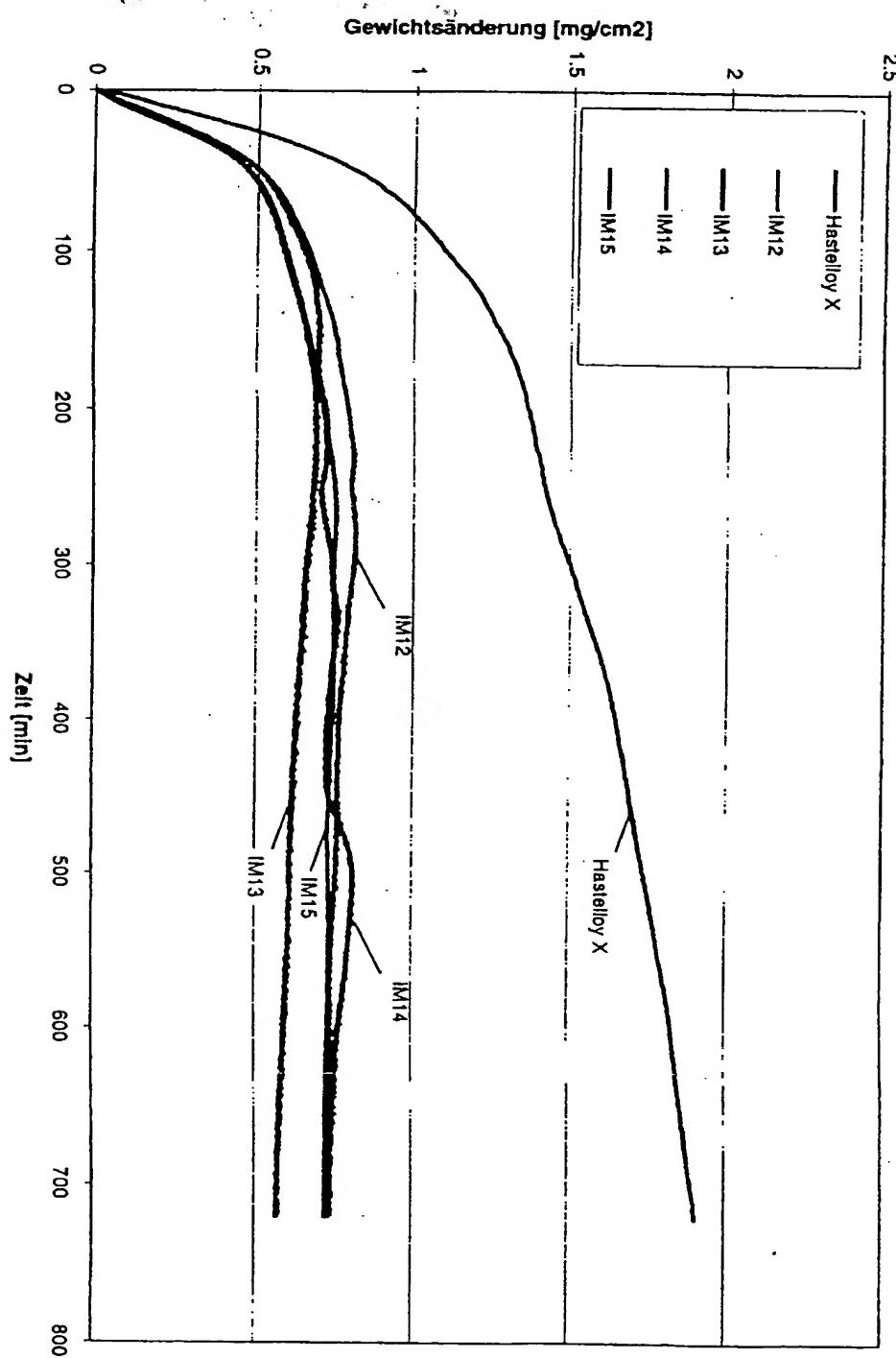


Fig. 7

THIS PAGE BLANK (USP10)